

偏心を有する建築物の弾塑性耐震設計に関する研究

著者	佐武 直紀
号	1133
発行年	1987
URL	http://hdl.handle.net/10097/9869

氏 名	佐 武 直 紀
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	昭和 63 年 3 月 25 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 1 項
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 建築学専攻
学 位 論 文 題 目	偏心を有する建築物の弾塑性耐震設計に関する研究
指 導 教 官	東北大学教授 柴田 明德
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 柴田 明德 東北大学教授 和泉 正哲 東北大学教授 平井 和喜

論 文 内 容 要 旨

建築物の各層において、地震による水平層せん断力の作用中心点と水平剛性の中心点とが一致しない場合、すなわち偏心を有する建築物（以下偏心建物と記す）では、地震時にねじれを伴った振動（以下ねじれ振動と記す）を生ずる。ねじれ振動を生ずると、建物の端部において大変形を生ずるため、これが耐震上の弱点となる。実際、1968年の十勝沖地震や1978年の宮城県沖地震において、いくつかの鉄筋コンクリート造の建物（以下RC建物と記す）が、ねじれ振動により大きな被害を生じている。

こうした状況から、1981年に改正施行された建築基準法、いわゆる新耐震設計法においては、建物各層の必要保有耐力の設定時に、偏心に対する考慮が採り入れられることとなった。しかし、新耐震設計法での取り扱いも含め、偏心建物の耐震設計手法に関しては、なお検討を要する点が少なくない。

偏心建物の耐震設計を扱う上での基礎となる、建物のねじれ振動の問題に関しては、1930年代以降多くの研究がなされてきている。しかし、偏心建物の弾塑性ねじれ振動の問題となると、検討すべき項目が多いため、設計に有益な知見があまり得られていないのが現状である。

本研究では、現在建築構造学・耐震工学において究明が求められている、偏心建物の弾塑性耐震設計に関する問題のうち、建物の各構面骨組における合理的な耐力設定に関する問題を、建物の弾塑性ねじれ挙動を立体的に解析して得られる結果をもとに検討したものである。

はじめに、建物の弾性時ねじれ応答性状に基づいて、各構面ごとに終局耐力を設定する弾塑性設計の考え方を提示している。次に、各構面における適正な耐力分布についての検討を、簡単な構造物モデルを対象としたパラメトリックな解析により行っている。さらに、以上示した弾塑性設計の考え方を、実際に試設計が行われた建物の耐力分布設定に適用し、その有効性を検証している。

本論文は、全編6章より構成されている。

第1章 序 論

本研究の意義・目的、ならびに研究方法について述べている。

第2章 既往の研究

偏心建物の耐震設計を扱う上で重要な、建物のねじれ振動に関する基礎研究の変遷を概観するとともに、偏心建物の耐震性評価に関する研究、ならびにねじれ振動による震害建物の解析例について整理している。

さらに、筆者による宮城県沖地震時の実震害 RC 建物に対する応答解析例を示し、建物の弾塑性ねじれ挙動を立体的に解析することが、地震時における建物のねじれに関する問題を理解する上で、有効であることを明らかにしている。

第3章 偏心を有する建築物の弾塑性耐震設計

偏心建物の耐震設計に対する一つの考え方として、地震外力に対する建物のねじれ応答性状に基づく弾塑性設計について示している。

はじめに、建物のねじれ振動に関する基礎理論を、ねじれに関する指標、ねじれ振動方程式の誘導、ならびに2方向入力に対するモーダルアナリシスの手法について述べている。

次に、偏心建物に対する現行の耐震設計手法である、1次設計における静的外力に対する各構面の設計用せん断力のねじれ補正、ならびに2次設計における各層の必要保有耐力の割り増しの、以上二つの取り扱いと、建物各構面の終局耐力分布の設定との関係が、必ずしも明確でないことを指摘している。

この点をふまえ、建物のねじれ応答性状に基づいて、各構面ごとに終局耐力を設定する弾塑性設計の考え方を提示している。設計に際しては、偏心およびねじれ変形の増大をもたらす建物の局所的な損傷を防ぐため、各構面の損傷程度を一様にすることを目標としている。そして各構面ごとに、ねじれを考慮しない場合の耐力に、弾性時ねじれ応答性状に基づいて定められる耐力修正係数を乗ずることにより、終局耐力を与えている。

耐力修正係数の値としては、各構面ごとにおける、ねじれを考慮した場合の弾性応答せん断力の、ねじれを考慮しない場合の弾性応答せん断力に対する比を考え、これをねじれ補正係数として与えている。ねじれ補正係数は、せん断力補正の前後において、層の全層せん断力が変化しないよう定めることとしている。それは、静的外力に対しては、現行の1次設計における補正係数と同様の指標であること、また動的外力に対しては、本研究中の建物・構造物モデルの弾性応答解析において、

ねじれの考慮の有無による各構面の最大応答層せん断力の総和の違いがほとんどみられないからである。また、静的・動的両外力に対する各構面のねじれ補正係数の分布形状について、簡単な1層構造物モデルを例に示している。

さらに、ねじれ補正係数とは別に、入力地震動の特性による偶発的な要因、ならびに、取り扱い上無視した諸要因によるねじれ応答量の増大を見込んだ係数として、各構面一律の割増係数を与えることとしている。したがって、各構面の終局耐力設定のための指標である耐力修正係数を、ねじれ補正係数と割増係数との積により表わすこととしている。

第4章 パラメトリック解析による適正耐力分布の検討

前章で示した、建物のねじれ応答性状に基づく弾塑性設計において基本となる、建物各構面の適正耐力分布の設定について、一般的な耐力特性を有する中低層RC建物を想定した構造物モデルのパラメトリック解析により検討している。ここでは、ねじれによる各構面の損傷分布を明確に表わすため、一軸偏心を有する1層せん断型の構造物モデルを解析対象とし、立体弾塑性地震応答解析によって得られる各構面の塑性率分布をもとに、適正耐力分布に関する検討を行っている。

はじめに、ねじれ応答性状に基づいて耐力を設定することが、各構面の塑性率分布に与える影響についての検討を行っている。ここでは、構造物の全耐力が現行の設計基準を満たす程度となるよう、前章で定義した割増係数を偏心の程度に応じて与えた状態のもとで、ねじれ補正係数の分布を複数設定することにより、各方面の耐力を設定している。解析の結果、ねじれ応答性状を考慮せずに各構面一律の耐力分布を与えた場合には、偏心の増大に伴って各構面間の塑性率のばらつきが大きくなり、剛心から離れた側の構面で値が著しく増大するのに対し、ねじれ応答性状を考慮して耐力分布を与えた場合には、各構面の塑性率がおおむね一様となる結果となることを明らかにしている。また、ねじれ応答性状を考慮した場合、割増係数による全耐力の割り増しを行った偏心が大きいモデルにおいては、各構面の値が無偏心モデルより大幅に下回る結果となることを示している。

次に、ねじれ応答性状を考慮した場合における、層全体としての合理的な耐力割り増しの程度について検討している。ここでは、現行の設計基準に準じて割増係数による全耐力の割り増しを行った、偏心が大きいモデルについて、各構面の耐力分布形を一定に保ちつつ割増係数を低減させることにより、各構面の耐力を設定している。解析の結果、割増係数を低減しても、各構面の値はおおむね一様となっており、値も全体的には無偏心モデルよりやや下回る結果となることを示している。

以上本章での結果から、偏心建物において、ねじれによる局所的な大変形を抑え、各構面の塑性化の程度を一様にするためには、建物のねじれ応答性状に基づいて、各構面ごとに終局耐力を設定する方法が、有効であることを明らかにしている。また、ねじれを考慮した耐力設定を行った場合には、ねじれを考慮せずに設定した耐力に対する層全体としての割増率を、現行の設計基準値より低減しても、応答量の面からは問題を生じないことを明らかにしている。

第5章 試設計建物への適用

第3章、第4章で示した弾塑性設計の考え方を、実際に試設計されたセットバックを有する11層

RC建物に適用し、その有効性を検証している。

はじめに、対象建物の強震時におけるねじれ挙動を把握し、ねじれ応答性状に基づく弾塑性設計を行う上での手がかりを得るため、第2章での実震害建物の解析でその妥当性が示された立体骨組モデルを用いて、試設計建物の弾塑性地震応答解析を行っている。その結果、偏心方向であるはり間方向の連層壁において、ねじれの影響により応答量および損傷程度に著しいばらつきを生ずることを示している。

次に、本論文で示した弾塑性設計の考え方の有効性を検証するため、試設計建物モデルの弾性時ねじれ応答性状に基づいて、はり間方向の各連層壁の耐力を修正したモデルを、耐力修正手法および耐力の大小の組み合わせにより複数設定し、試設計建物モデルと同様の立体弾塑性地震応答解析を行っている。その結果、いずれのモデルについても連層壁脚部の曲げ塑性率分布が試設計建物に比べて一様となっており、また耐力を低減した場合でも、ねじれ変形ならびに脚部曲げ塑性率の増大が抑えられる結果となることを示している。

以上本章での結果から、本論文で提示した、建物のねじれ応答性状に基づいて各構面ごとに終局耐力を設定する方法が、偏心建物の耐震設計の合理化の上で有効であることを明らかにしている。

第6章 結 論

本論文で得られた知見を総括的に示すとともに、今後の検討課題について整理し、結論としている。

審 査 結 果 の 要 旨

壁の偏在やセットバック等のため剛性の中心と作用地震力の中心が異なる偏心建物は、地震時にねじれ振動を生じ、大きな被害をうけるおそれがある。近年、骨組形状の多様化に伴い、偏心建物の耐震設計の合理化が重要な課題となっている。

本論文は、偏心建物の弾塑性地震応答の特性を明らかにするとともに、強震時のねじれ応答性状を反映した偏心建物の耐力設定手法について検討を行ったもので、全編6章よりなる。

第1章は序論である。

第2章は、偏心建物のねじれ振動に関する既往の研究を概括するとともに、偏心建物の地震時挙動を弾塑性立体地震応答解析によって良く把握し得ることを、実際にねじれ被害を生じた鉄筋コンクリート造3階建物の解析例により示している。

第3章は、偏心建物のねじれ地震応答の解析手法、ならびに従来の耐震設計法における偏心建物の取扱いを示すとともに、偏心建物の弾塑性耐震設計の一手法として、建物各部の損傷を一樣とする規範のもとで、偏心建物の各骨組の弾性地震応答応力分布に基づいて骨組耐力分布の設定を行う考え方を提案したものである。

第4章は、一層偏心建物モデルを用いて、ねじれ弾性地震応答性状のパラメトリックな検討を行い、提案した耐力設定手法の有効性を検証したものである。即ち、ねじれ補正を考慮した耐力分布を与えることにより、塑性率及びエネルギー塑性率で表される損傷の分布が一樣化され、ねじれ変形も抑制されることを示している。

第5章は、セットバックを有する11層鉄筋コンクリート造の試設計建物について、弾塑性立体地震応答の評価を行い、提案の方法に基づいて耐力分布を設定することにより地震時損傷の集中を防ぎ、良好な応答性状が得られることを示したものである。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、偏心建物の強震に対する弾塑性応答性状を詳しく検討するとともに、ねじれ応答性状に基づく偏心建物の合理的な耐震設計の方法を提示したもので、耐震工学ならびに建築学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。